

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-243465

(43)Date of publication of application : 07.09.2001

(51)Int.Cl.

G06T 7/00

(21)Application number : 2000-055096

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP
<NTT>

(22)Date of filing : 01.03.2000

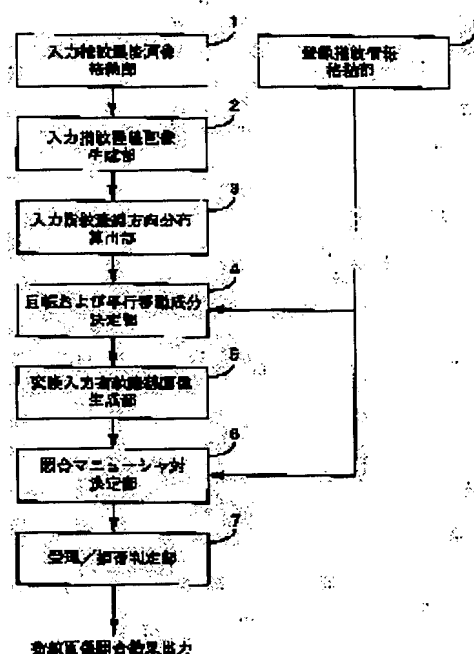
(72)Inventor : WAKAHARA TORU
KIMURA YOSHIMASA
KADOGOE KAZUYA
TOMONO AKIRA

(54) METHOD AND DEVICE FOR MATCHING FINGERPRINT IMAGE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To actualize high discriminating capability which is tolerant of nonlinear distortion in the condition of high-precision positioning and rotation correction.

SOLUTION: As for an input fingerprint ridge image obtained from a fingerprint image and a registered fingerprint ridge image G, a rotation component and a parallel-movement component actualizing optimum superposition between input fingerprint ridge direction distributions (f) obtained for each block by dividing the fingerprint ridge image into the blocks and a registered fingerprint ridge direction distribution (g) are determined and the total number of couples of matching minutiae having similar positions and directions between a converted input fingerprint ridge image F* obtained by applying the rotation component and parallel-movement component to the input fingerprint ridge image F and the registered fingerprint ridge image G is calculated, and a threshold processing for the total number of the matching maniutiae is performed to output a decision on whether the fingerprints are the same.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

26.11.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号 ✓

特開2001-243465

(P2001-243465A)

(43) 公開日 平成13年9月7日(2001.9.7)

(51) Int.Cl.⁷

G 0 6 T 7/00

識別記号

F I

G 0 6 F 15/62

テ-マ-ト*(参考)

4 6 0

5 B 0 4 3

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2000-55096(P2000-55096)

(22) 出願日 平成12年3月1日(2000.3.1)

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72) 発明者 若原 徹

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日

本電信電話株式会社内

(72) 発明者 木村 義政

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日

本電信電話株式会社内

(74) 代理人 100087848

弁理士 小笠原 吉義 (外1名)

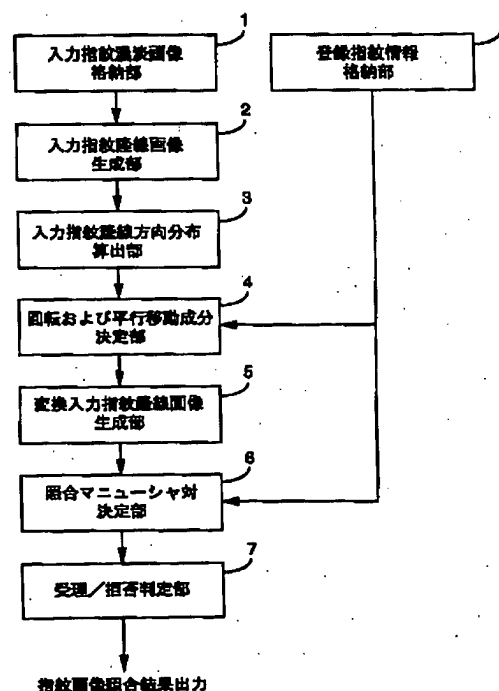
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 指紋画像照合方法および指紋画像照合装置

(57) 【要約】

【課題】 高精度な位置合わせおよび回転補正の下で非線形歪みへの耐性を備えた高い識別能力を実現する。

【解決手段】 指紋画像から得られた入力指紋隆線画像Fと登録指紋隆線画像Gについて、指紋隆線画像をブロック分割して各ブロック毎に得られる入力指紋隆線方向分布fと登録指紋隆線方向分布gとの間で最適重ね合わせを実現する回転成分および平行移動成分を決定し、前記回転成分および平行移動成分を入力指紋隆線画像Fに施して生成した変換入力指紋隆線画像F*と登録指紋隆線画像Gとの間で位置および方向が類似する照合マニューシャ対の総数を算出して、前記照合マニューシャ対の総数に対する閾値処理により同一指紋であるか否かの判定結果を出力する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 入力指紋画像から入力指紋隆線画像を生成し、生成した入力指紋隆線画像をブロックに分割し、前記各ブロック毎に入力指紋隆線方向分布を算出し、予め登録された各ブロック毎の登録指紋隆線方向分布と前記入力指紋隆線方向分布との間で最適重ね合わせを実現する入力指紋の回転成分および平行移動成分を決定し、前記入力指紋隆線画像を前記回転成分および前記平行移動成分に従って変換した変換入力指紋隆線画像と登録指紋隆線画像とで各々対応する指紋隆線の特徴点の位置および方向で示される相違度を算出し、前記相違度が予め定められた第 1 の閾値より小さい照合特徴点対の総数を算出し、前記照合特徴点対の総数が予め定められた第 2 の閾値より大きい場合、前記入力指紋は前記登録指紋と同一指紋であると判定し、前記照合特徴点対の総数が予め定められた第 2 の閾値より小さい場合、前記入力指紋は前記登録指紋と同一指紋でないと判定することを特徴とする指紋画像照合方法。

【請求項 2】 前記入力指紋隆線方向分布として、前記入力指紋隆線画像を構成する各ブロックに含まれる隆線方向を量子化して方向コードを決定し、前記各ブロック毎に前記各方向コードの頻度を算出した情報を用い、前記登録指紋隆線方向分布として、予め同様に各ブロック毎に前記各方向コードの頻度を算出して登録した情報を用いることを特徴とする請求項 1 記載の指紋画像照合方法。

【請求項 3】 前記入力指紋隆線方向分布もしくは前記登録指紋隆線方向分布の算出では、各々、前記ブロックよりも分割数の大きいサブブロックでの入力指紋隆線方向分布もしくは登録指紋隆線方向分布を算出し、算出した前記サブブロックでの入力指紋隆線方向分布もしくは登録指紋隆線方向分布に所定の重み関数による畳み込み演算を施して、所定のブロック分割に対する入力指紋隆線方向分布もしくは登録指紋隆線方向分布を算出することを特徴とする請求項 1 または請求項 2 記載の指紋画像照合方法。

【請求項 4】 前記入力指紋の回転成分および平行移動成分の決定では、所定の許容範囲内の回転成分と平行移動成分に従って前記入力指紋隆線方向成分を変換した複数の変換入力指紋隆線方向分布を算出し、前記変換入力指紋隆線方向分布と前記登録指紋隆線方向分布との指紋隆線方向分布間距離を算出し、前記指紋隆線方向分布間距離が最小となる変換入力指紋隆線方向分布に対応する回転成分および平行移動成分を、最適重ね合わせを実現する回転成分および平行移動成分と決定することを特徴とする請求項 1 から請求項 3 までのいずれか 1 項に記載の指紋画像照合方法。

【請求項 5】 入力指紋画像から入力指紋隆線画像を生成する入力指紋隆線画像生成手段と、生成した入力指紋隆線画像をブロックに分割し、分割された各ブロック毎

に入力指紋隆線方向分布を算出する入力指紋隆線方向分布算出手段と、予め登録された各ブロック毎の登録指紋隆線方向分布と前記入力指紋隆線方向分布との間で最適重ね合わせを実現する入力指紋の回転成分および平行移動成分を決定する回転および平行移動成分決定手段と、前記入力指紋隆線画像を前記回転成分および前記平行移動成分に従って変換した変換入力指紋隆線画像を生成する変換入力指紋隆線画像生成手段と、生成した変換入力指紋隆線画像と前記登録指紋隆線画像とで各々対応する指紋隆線の特徴点の位置および方向で示される相違度を算出し、前記相違度が予め定められた第 1 の閾値より小さい照合特徴点対の総数を算出する照合特徴点対決定手段と、前記照合特徴点対の総数が予め定められた第 2 の閾値より大きい場合、前記入力指紋は前記登録指紋と同一指紋であると判定し、前記照合特徴点対の総数が予め定められた第 2 の閾値より小さい場合、前記入力指紋は前記登録指紋と同一指紋でないと判定する受理／拒否判定手段とを備えることを特徴とする指紋画像照合装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、身体特徴を用いて計算機により個人照合を行うバイオメトリクス分野における代表的技術である指紋照合技術に関し、特に、指紋画像の位置ずれや非線形歪みおよび雑音重畳への耐性を備えた指紋画像照合方法および指紋画像照合装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、指紋照合技術には、大別して、

(1) 相関マッチング型、(2) マニューシャマッチング型、の 2 種類のアプローチがある。なお、当技術の解説およびサーベイとしては、例えば以下の文献があるので参照されたい。

【参考文献 1】 A. K. Jain, R. Bolle, and S. Pankanti, "BIOMETRICS - Personal Identification in Networked Society," Norwell, MA: Kluwer Academic Publishers, 1999, Chap. 2.

【0003】前者の相関マッチング型は、濃淡指紋画像に雑音除去、画像強調処理を施してから、濃淡のまま、あるいは 2 値化した指紋画像を対象に、入力指紋画像と登録指紋画像との間で相関値を算出して、指紋画像間の大局的な重なり goodness を相関値で評価するアプローチである。上記相関値が予め定めた閾値を越えた場合に本人であると認証する。

【0004】しかし、このアプローチによる方法では、入力指紋画像が回転していたり平行移動していたりすると相関値が大きく減少する。このため、回転や平行移動の想定範囲を指定してから入力指紋画像に順次回転および平行移動を施して登録指紋画像と相関を計算する必要があり、処理時間が膨大となった。

【0005】もちろん、2 次元空間領域での相関演算を

3

行う代わりに、2次元フーリエ変換を施して周波数領域での積和演算として算出される相関値は、平行移動には不変となるが、回転には不変でない。さらに、相関値は、雑音除去で取り切れない残留雑音への耐性に乏しく、指先を押し付けた際の指紋画像の非線形な歪みにも対応できないという問題点があった。

【0006】相関マッチングの識別能力を向上するために、画素単位の濃淡値の相関でなく、小矩形領域に分割して各矩形領域における濃淡値の平均、指紋隆線の平均方向、指紋隆線数等の特徴量に基づく相関を用いた例もあるが、上記の処理量発散の問題や、雑音／歪み耐性の課題は本質的には解決されていない。

【0007】一方、マニューシャマッチング型は、指紋隆線画像の特徴点としてマニューシャ（指紋隆線の端点および分岐点）を活用してマッチングを行うアプローチである。濃淡指紋画像に雑音除去、画像強調処理を施してから2値化して指紋隆線画像を生成し、そのままもしくはさらに細線化処理を施してからマニューシャを抽出し、入力マニューシャと登録マニューシャとの間で位置および方向の相違度が一定閾値より小さい照合マニューシャ対の総数を算出して、前記照合マニューシャ対の総数が予め定めた閾値を越えた場合に本人であると認証する。

【0008】このマニューシャマッチング型の指紋照合を前記相関マッチング型と比較すると、指紋画像の非線形歪みに対しても高い識別能力を示すことが報告されている。しかし、入力指紋画像が回転していたり平行移動していたりすると、入力マニューシャの位置や方向情報が登録マニューシャのものと大きくずれる。このため、渦状紋の渦点や蹄状紋の尖点等の指紋隆線の特異点を検出して位置合わせや回転補正を行う処理が適用されるが、渦点や尖点等の特異点の安定な抽出は難しく、さらに回転補正は処理量が膨大となるという問題点があった。特に、雑音除去で取り切れない残留雑音により偽マニューシャが出現したり正マニューシャが消失したりするため、入力マニューシャと登録マニューシャ間の位置合わせや回転補正の精度が大きく劣化した。その結果、マニューシャマッチング本来の認証精度が大きく損なわれるという問題点があった。

【0009】以上述べたように、指紋照合技術としては、指紋画像間の大局的な重なりの方を評価する相関マッチングの手法や指紋隆線画像からマニューシャを抽出して対応付けを行うマニューシャマッチングの手法が考えられてきた。

【0010】しかし、それぞれに欠点があり、実用的な処理量で、回転や位置ずれを精度良く吸収する手法は提案されていない。また、非線形歪みや雑音重畳への耐性も未だ十分とは言えない。

【0011】なお、本発明に関連する従来技術として、特開平11-39478号公報や特開平6-195

4

449号公報に記載されているものがあり、特開平11-39478号公報に開示される「指紋照合装置及びその照合処理方法」では、照合処理時間を短縮できるようにするため、指紋隆線の端点、分岐点等の特徴点データを算出する前に、指紋隆線の渦状紋の渦点、蹄状紋の尖点等の特異点を検出し、指紋隆線の大局的な流れを示す方向角データを登録データと照合する前に、前記特異点およびその種類を照合し、可否を判定することによって方向角データの照合および特徴点データの照合まで行う処理回数を削減するようにしている。

【0012】また、特開平6-195449号公報「亀裂を用いた指紋照合方法及びその装置」では、指紋隆線の亀裂点を検出し、亀裂点を用いて位置合わせをした後で照合された特徴点の個数を算出する技術が開示されている。

【0013】これらの技術と本発明との特徴的な違いについては、「課題を解決するための手段」の項で後述する。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、まず前記相関マッチング型のアプローチに基づき、入力指紋隆線画像をブロック分割して各ブロック毎に得られる入力指紋隆線方向分布と登録指紋隆線画像からも同様に算出されて予め格納されている登録指紋隆線方向分布との間で最適重ね合わせを実現する回転成分および平行移動成分を実用的な処理量で精度良く決定し、次いでマニューシャマッチング型のアプローチに基づき、前記回転成分および平行移動成分を入力指紋隆線画像に施して生成した変換入力指紋隆線画像と予め格納されている登録指紋隆線画像との間でマニューシャの安定な対応付けを行うことにより、高精度な位置合わせおよび回転補正の下で非線形歪みへの耐性を備えたマニューシャマッチング本来の高い識別能力を実現する指紋画像照合方法およびその装置を提供することにある。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明の指紋画像照合方法は、濃淡指紋画像に雑音除去・画像強調・2値化処理を施して得られる入力指紋隆線画像Fと登録指紋隆線画像Gについて、指紋隆線画像をブロック分割して各ブロック毎に得られる入力指紋隆線方向分布fと登録指紋隆線方向分布gとの間で最適重ね合わせを実現する回転成分および平行移動成分を決定し、前記回転成分および平行移動成分を入力指紋隆線画像Fに施して生成した変換入力指紋隆線画像F*と登録指紋隆線画像Gとの間で位置および方向が類似する照合マニューシャ対の総数を算出して、前記照合マニューシャ対の総数に対する閾値処理により同一指紋であるか否かの判定結果を出力する。

【0016】本発明の実施態様によれば、入力指紋隆線画像Fと登録指紋隆線画像Gについて所定のブロック分割数を上回る分割における各ブロック内の隆線方向分布

5

を算出してからガウス型重み関数による畳み込み演算を施して、所定のブロック分割に対する入力指紋隆線方向分布 f および登録指紋隆線方向分布 g の算出を行い、前記入力指紋隆線方向分布 f に一定許容範囲の回転成分および平行移動成分を施して生成した複数の変換入力指紋隆線方向分布 f^* と登録指紋隆線方向分布 g との間で、指紋隆線方向分布間距離 D を算出し、該指紋隆線方向分布間距離 D を最小とする回転成分および平行移動成分を決定する。

【0017】また、本発明は、光学方式や静電容量方式等を用いた指紋入力センサから入力される指紋の濃淡画像について雑音除去および画像強調処理により画質を改善してから2値化処理を施して入力指紋隆線画像 F を生成し、前記入力指紋隆線画像 F をブロック分割して各ブロック毎に得られる入力指紋隆線方向分布 f と登録指紋隆線画像 G から同様に算出されて予め格納されている登録指紋隆線方向分布 g との間で最適重ね合わせを実現する回転成分および平行移動成分を決定し、前記回転成分および平行移動成分を入力指紋隆線画像 F に施して生成した変換入力指紋隆線画像 F^* と予め登録されている登録指紋隆線画像 G との間でマニューシャ（指紋隆線の端点および分岐点）の位置および方向を比較することにより相違度が一定閾値より小さい照合マニューシャ対の総数を算出して、前記照合マニューシャ対の総数に対する閾値処理により入力指紋が登録指紋と同一人物のものであるか否かの判定を行う装置であって、指紋入力センサから入力される指紋の濃淡画像について雑音除去および画像強調処理により画質を改善してから2値化処理を施して入力指紋隆線画像 F の生成を行う入力指紋隆線画像生成手段と、前記入力指紋隆線画像 F について所定のブロック分割数を上回る分割における各ブロックでの隆線方向分布を算出してからガウス型重み関数による畳み込み演算を施して所定のブロック分割に対する入力指紋隆線方向分布 f の算出を行い、予め格納されている登録指紋隆線画像 G についても同様に登録指紋隆線方向分布 g の算出を行う指紋隆線方向分布算出手段と、前記入力指紋隆線方向分布 f に一定許容範囲の回転成分および平行移動成分を施して生成した複数の変換入力指紋隆線方向分布 f^* と予め格納されている登録指紋隆線方向分布 g との間で指紋隆線方向分布間距離 D を算出し、前記指紋隆線方向分布間距離 D が最小となる最も重なり

6

成およびマニューシャ抽出手段と、前記変換入力マニューシャと登録マニューシャとの間で位置および方向の相違度が一定閾値より小さい照合マニューシャ対の総数を算出する照合マニューシャ対算出手段と、前記照合マニューシャ対の総数が予め定めた閾値より大きい場合に同一指紋であるとの受理判定を行い、一方、前記照合マニューシャ対の総数が前記閾値より小さい場合には同一指紋でないとの拒否判定を行う受理／拒否判定手段とを有する。

10 【0018】本発明の第1の特徴は、指紋隆線画像をブロック分割してブロック単位に算出した指紋隆線方向分布を用いた相関型マッチングにより、入力および登録指紋隆線画像間の回転および平行移動成分の吸収を行うことにある。位置合わせおよび回転補正の従来技術における処理量の発散、非線形歪みや雑音重畳への耐性の問題を大幅に緩和する。

【0019】本発明の第2の特徴は、効率的にかつ精度良く位置合わせおよび回転補正を行った後で、識別能力の高いマニューシャマッチング型のアプローチを採用することである。これにより、実用に耐え得る指紋照合技術を実現できる。

20 【0020】このように、本発明は、非線形歪みや雑音重畳を含む指紋画像に対して実用的な処理量で精度良い位置合わせおよび回転補正を施してからマニューシャの対応付けにより高精度な指紋照合を行う革新的手法を提供しており、上述した従来技術の問題点を解決している。

【0021】「従来技術」の項で説明した特開平11-39478号公報および特開平6-195449号公報に記載された技術と本発明との技術的な相違点について説明する。特開平11-39478号公報には、指紋隆線の大局的な流れを示す方向角データにおける照合と特徴点データとの照合を行う指紋照合装置が開示されており、ここでは方向角データの照合において代表方向毎の度数分布を用いている。すなわち、(1) ブロック毎に代表角を求め、このブロック毎の代表角の分布を平行移動して指紋パタンの位置合わせを行うこと、また、(2) 上記(1)の平行移動処理の負担が大きいため、まず代表角分布から渦点等の特異点を抽出し、各特異点の周囲の方向角の出現度数を調べてスクリーニングを行うことが示されている。

40 【0022】本発明において、方向分布による粗照合を行う点は、上記(1)と類似しているが、本発明では、上記(2)に相当する処理は含まない。本発明は、上記(1)に関して高機能化、高度化した構成になっている。高機能化、高度化の具体的な実現手段は以下のとおりである。(1-1) ブロック毎に、代表角ではなく方向角の度数分布を求める。代表角に比べて、表現能力がはるかに高くなる。(1-2) さらに、上記ブロックの分割数より多い分割で方向角の度数分布を求めておき、それらの畳み込

みで方向角分布を算出する。これにより、歪みや雑音に対する耐性が大きく強化されることになる。(1-3) 方向角分布を用いた粗照合では、平行移動のみでなく、方向角の量子化刻みを単位とした回転についても、効率的に照合している。

【0023】また、特開平6-195449号公報に記載された技術とは、本発明は以下の点が異なる。特開平6-195449号公報のものは、特徴点(マニューシャ)照合方式で一貫している。具体的には、マニューシャのみでは位置合わせが難しいため、指紋画像の劣化等で生じる指紋亀裂点をむしろ積極的に利用することに着目し、これを位置合わせ手段に用いる。これに対し、本発明では、亀裂点のような点情報ではなく、方向角分布という豊富な面情報を用いて、しかも平行移動と回転を共に吸収する高精度な位置ずれ・回転補正手段を提供している。これにより、後段のマニューシャ照合を格段に安定化している。

【0024】したがって、本発明は、実用的な処理量で、実用条件下での雑音重畳や非線形歪みを含むような低品質の指紋画像に対しても、高精度な認証を行うことが可能になっている。

【0025】

【発明が解決しようとする課題】次に、本発明の実施形態について図面を参照して詳細に説明する。図1は、本発明の一実施形態の指紋画像照合装置の構成図である。図2は、その装置の処理フローを示す。

【0026】本指紋画像照合装置は、入力指紋濃淡画像格納部1と、入力指紋隆線画像生成部2と、入力指紋隆線方向分布算出部3と、回転および平行移動成分決定部4と、変換入力指紋隆線画像生成部5と、照合マニューシャ対決定部6と、受理/拒否判定部7と、登録指紋情報格納部8とで構成されている。以下、各部の機能および動作について具体的に説明する。

【0027】入力指紋濃淡画像格納部1は、光学方式や静電容量方式等の公知の技術を用いた指紋入力センサから入力される指紋濃淡画像を格納する。入力指紋濃淡画像の画素数は、指紋入力センサの空間分解能およびサイズに依存するが、例えば、500×500程度となる。また、各画素の濃淡値は、例えば0~255の整数値で表現されて8ビット/画素で格納される。

【0028】入力指紋隆線画像生成部2は、入力指紋濃淡画像に対して雑音除去や画像強調の処理を施して画質を改善してから2値化処理を施して得られる指紋隆線について、指紋隆線部を構成する画素の値を1(黒画素)、指紋隆線の背景部を構成する画素の値を0(白画素)とする2値の入力指紋隆線画像Fを生成する(図2のステップS1)。すなわち、入力指紋隆線画像Fの各画素は濃淡情報1ビットで表現され格納される。雑音除去処理としては各種の平滑化フィルタやメディアン・フィルタが良く用いられる。また画像強調処理としては濃

度値変換や濃度ヒストグラム平坦化の手法が用いられる。これらは濃淡画像処理に関わる公知の基本技術であり、例えば次の文献に記述されている。

【参考文献2】A. Rosenfeld and A. C. Kak, "Digital Picture Processing," Second edition. San Diego, CA: Academic Press, 1982, Chap. 8.

【0029】また、前述した【参考文献1】の「A. K. Jain, R. Bolle, and S. Pankanti, "BIOMETRICS - Personal Identification in Networked Society," Norwell, MA: Kluwer Academic Publishers, 1999, Chap. 2」には、指紋隆線方向に画像強調を行う適応型のフィルタリング処理も紹介されている。2値化処理についても多くの従来技術があるが、濃淡値の閾値判定に基づく2値化処理では、画像全体に単一の閾値を適用するのではなく、局所的に最適な閾値を選択する手法が良く用いられる。

【0030】2値化技術についての参考文献としては、例えば次のものがある。

【参考文献3】O. D. Trier and A. K. Jain, "Goal-directed evaluation of binarization methods," IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., vol. 17, pp. 1191-1201, 1995.

【0031】一方、登録指紋隆線画像Gについても同様に予め生成しておき、登録指紋情報格納部8に格納しておく。

【0032】入力指紋隆線方向分布算出部3は、前記入力指紋隆線画像Fを所定数のブロックに分割し(ステップS2)、各ブロック毎に得られる入力指紋隆線方向分布fを算出する(ステップS3)。ここで指紋隆線画像は正方形として正方ブロックに分割するものとして所定の分割ブロック数をN×Nとする。まず、各ブロック毎に指紋隆線を構成する各黒画素における指紋隆線方向を量子化した方向コードを決定する。例えば、4方向に量子化する場合、向きを区別せずに、各黒画素における指紋隆線方向を水平、右45度、垂直、左45度のうち最も近いものに分類する。

【0033】ここで方向コードを、図3に示すように、それぞれH, R, V, Lと記す。同様に、22.5度単位で量子化する場合8方向コードを採用することとなる。各黒画素における方向コードの決定には、公知の技術として、該黒画素の局所近傍での固有ベクトル方向やハフ(Hough)変換、チェインコード化等により指紋隆線方向を算出してから量子化する方法、黒画素を中心とする例えば2×2、3×3または5×5といった大きさのマスクにおけるすべての黒画素の出現パターンに対する方向コードを予め定めて、該マスクを用いた論理判定で決定する方法などがあり、これらのどれを用いてもよい。他に、各方向コードに対応する例えば3×3の重みマスクで畳み込み演算をして最も出力の大きい方向コードに決定する方法を用いることもできる。黒画素における方向算出の従来技術については、例えば次の文献に記載さ

れている。

【参考文献 4】 R.O.Duda and P.E.Hart, "Pattern Classification and Scene Analysis," New York, NY: John Wiley & Sons, 1973, Chap.9.

【0034】次に、各ブロック毎に各方向コードの出現

$$f = (n^H_1, n^R_1, n^V_1, n^L_1, n^H_2, n^R_2, n^V_2, n^L_2, \dots, n^H_{NxN}, n^R_{NxN}, n^V_{NxN}, n^L_{NxN}) \quad \text{〔式 1〕}$$

のように構成される $4 \times N \times N$ 次元のベクトルで表現される。

【0035】同様に、登録指紋隆線画像 G についても、

$$g = (m^H_1, m^R_1, m^V_1, m^L_1, m^H_2, m^R_2, m^V_2, m^L_2, \dots, m^H_{NxN}, m^R_{NxN}, m^V_{NxN}, m^L_{NxN}) \quad \text{〔式 2〕}$$

で構成され、予め登録指紋情報格納部 8 に格納しておく。

【0036】ここで、入力指紋隆線画像 F に非線形歪みや雑音重畳が含まれる場合に入力指紋隆線方向分布 f を安定に抽出するために、前記入力指紋隆線画像 F について所定のブロック分割数 $N \times N$ を上回る分割における各ブロックでの隆線方向分布を算出しておいてからガウス型重み関数による畳み込み演算を施して所定のブロック

分割に対する入力指紋隆線方向分布 f の算出を行う。
【0037】具体的には、入力指紋隆線画像 F を、例えば、 $(2N-1) \times (2N-1)$ 個のサブブロックに分割し（図 4 のステップ S 11）、各サブブロック毎に方向コードの出現頻度を算出しておき（ステップ S 12）、横および縦方向に奇数番目のサブブロック毎に当該ブロックの一定近傍（例えば、 5×5 ブロックの範囲）にあるブロック群について各方向コードの出現頻度毎にガウス型重み関数による畳み込み演算を施して得られるものを改めて当該ブロックにおける方向コードの出現頻度とすれば、総数 $N \times N$ ブロックについて各ブロック毎の方向コードの出現頻度が決定される（ステップ S 13）。

【0038】前記処理を施すことにより、非線形歪みや雑音重畳に耐性のある入力指紋隆線方向分布 f が〔式 1〕により構成される。登録指紋隆線方向分布 g も同様に、前記処理を施して〔式 2〕により構成して、予め登録指紋情報格納部 8 に格納しておく。

【0039】この各ブロックにおける方向コードの出現頻度の決定方法を、具体的な数値例でさらに詳しく説明する。指紋画像のサイズは、例えば 300×300 画素程度であると想定する。まず、指紋画像を 17×17 のサブブロックに分割し、この各サブブロック内で前述した方向コードの分布を求める。次に、縦横に 1 つおきにサブブロックを選択して、そのサブブロックの周りで方向コード分布の畳み込み演算をして、最終的に 9×9 ブロックでの平滑化した方向コード分布を求める。上記指紋サイズの場合、他にも 21×21 のサブブロックに分

頻度を計数して入力指紋隆線方向分布 f を構成する。以下、4 方向コード H, R, V, L を用いた場合について説明する。第 i ($1 \leq i \leq N \times N$) ブロックにおける各方向コードの出現頻度を $(n^H_i, n^R_i, n^V_i, n^L_i)$ と記すと、入力指紋隆線方向分布 f は、

第 i ($1 \leq i \leq N \times N$) ブロックにおける各方向コードの出現頻度を $(m^H_i, m^R_i, m^V_i, m^L_i)$ と記すと、登録指紋隆線方向分布 g は、

割して方向コード分布を求めた後、畳み込み演算によって 11×11 ブロックの方向コード分布を求めるとか、 25×25 のサブブロックをもとに 13×13 ブロックの方向コード分布を求めるということも可能である。必ずしも $(2N-1) \times (2N-1)$ のサブブロックから $N \times N$ ブロックの方向コード分布を求める必要はないが、実験ではこのようなブロック分割による方向コード分布を決定した場合に、処理時間と認証精度について好結果が得られた。

【0040】回転および平行移動成分決定部 4 は、入力指紋隆線方向分布に施す最適な回転成分と平行移動成分を、以下の処理により決定する（ステップ S 4）。まず、前記入力指紋隆線方向分布 f に一定許容範囲の回転成分および平行移動成分を施して複数の変換入力指紋隆線方向分布 f^* を生成する（図 5 のステップ S 21）。生成した複数の変換入力指紋隆線方向分布 f^* と予め登録指紋情報格納部 8 に格納されている登録指紋隆線方向分布 g との間で指紋隆線方向分布間距離 D を算出し（ステップ S 22）、前記指紋隆線方向分布間距離 D が最小となる最も重なるの良い変換入力指紋隆線方向分布 f^* を選択することにより入力指紋隆線方向分布 f と登録指紋隆線方向分布 g の間の最適重ね合わせを実現する回転成分および平行移動成分を決定する（ステップ S 23）。

【0041】回転成分については、指紋隆線方向分布を算出する際に用いた方向の量子化の刻み、例えば、 45 度や 22.5 度を単位にして一定許容範囲を指定する。ここでは反時計回りを正方向として、 45 度を単位に $-K \leq k \leq +K$ (K は正の整数) の範囲を許容することとする。4 方向コード H, R, V, L を用いる 4 方向量子化の場合、 k 単位 ($-K \leq k \leq +K$) の回転を施すと、第 i ($1 \leq i \leq N \times N$) ブロックにおける各方向コードの出現頻度 $(n^H_i, n^R_i, n^V_i, n^L_i)$ は次式に示すように循環的に変換される。ただし、 $\text{mod}[k, 4]$ は、整数 k を 4 で割った余りを表す。

【0042】

$$\begin{aligned} \text{mod}[k, 4] = 0 \text{ の場合, } & (n^H_i, n^R_i, n^V_i, n^L_i) \\ \text{mod}[k, 4] = 1 \text{ の場合, } & (n^L_i, n^H_i, n^R_i, n^V_i) \end{aligned}$$

11

$$\begin{aligned} \text{mod}[k, 4] = 2 \text{ の場合, } (n^V_i, n^L_i, n^H_i, n^R_i) \\ \text{mod}[k, 4] = 3 \text{ の場合, } (n^R_i, n^V_i, n^L_i, n^H_i) \end{aligned} \quad \text{〔式 3〕}$$

上記回転成分により生成される変換入力指紋隆線方向分布 f^* は、〔式 3〕で変換された方向コードの出現頻度を〔式 1〕に従って並べたものとなる。一方、平行移動成分については、 $N \times N$ ブロック分割に対してブロック単位の横および縦方向の移動成分を整数値の組 (Δ_H, Δ_V) で表現して、 $-\Delta \leq \Delta_H, \Delta_V \leq +\Delta$ (Δ は正の整数) として一定許容範囲を指定することとする。前記 (Δ_H, Δ_V) で指定される平行移動により生成される

変換入力指紋隆線方向分布 f^* は、〔式 1〕のベクトル表現において、初期値として $4 \times N \times N$ 次元のすべての要素を 0 に設定しておき、平行移動後に元の $N \times N$ ブロックの枠内に残っているブロックについて入力指紋隆線方向分布 f の該当する各方向コードの出現頻度

$(n^H_i, n^R_i, n^V_i, n^L_i)$ を平行移動後の変換入力指紋隆線方向分布 f^* のブロック位置に格納することにより構成される。

【0043】以上から、一定許容範囲の回転成分および

平行移動成分を施して複数の変換入力指紋隆線方向分布

$$\begin{aligned} D = \| f^* - g \| \\ = \{ \Sigma [(n^H_i - m^H_i)^2 + (n^R_i - m^R_i)^2 + \\ (n^V_i - m^V_i)^2 + (n^L_i - m^L_i)^2] \}^{1/2} \end{aligned} \quad \text{〔式 5〕}$$

ここで Σ は、 $i = 1, 2, \dots, N \times N$ についての和を表す。最後に、前記指紋隆線方向分布間距離 D が最小となる最も重なりの良い変換入力指紋隆線方向分布 f^* を選択することにより、前記入力指紋隆線方向分布 f と登録指紋隆線方向分布 g の間の最適重ね合わせを実現する回転成分および平行移動成分が決定される。ここで、前記決定された最適重ね合わせを実現する回転成分を k^* 、

$$\theta = 45^\circ \times k^*$$

$$\Delta_x = s \times \Delta^*_H \quad \text{および} \quad \Delta_y = s \times \Delta^*_V \quad \text{〔式 6〕}$$

ただし、 s は正方ブロックの一边をなす画素数とする。すなわち、1 ブロックには $s \times s$ の画素が含まれる。さて、変換入力指紋隆線画像 F^* の各画素の値は、公知の技術である線形補間法等を用いて、入力指紋隆線画像 F に前記回転角 θ と X/Y 移動量 (Δ_x, Δ_y) で指定される幾何学的変換を施して得られる対応画素の値を代入することにより決定される。線形補間法等のデジタル画像の幾何学的変換を行う一般的な手法については、例えば前述した〔参考文献 2〕の「A. Rosenfeld and A. C. Kak, "Digital Picture Processing," Second edition. San Diego, CA: Academic Press, 1982, Chap. 9」に記載されている。こうして位置合わせおよび回転補正が施された変換入力指紋隆線画像 F^* が生成される。

【0048】照合マニューシャ対決定部 6 は、変換入力指紋隆線画像 F^* から変換入力マニューシャ Ψ^* を抽出して各マニューシャの位置および方向を算出し（ステップ S 6）、予め登録指紋情報格納部 8 に格納されている

12

f^* を生成する際には、まず指定した回転成分により各ブロックにおける方向コードの出現頻度を循環的に変換して、次に指定した平行移動成分によるブロック単位の平行移動に応じて移動先のブロック位置に該当する方向コードの出現頻度を格納することにより、〔式 1〕のベクトル表現に従った変換入力指紋隆線方向分布 f^* を構成する。前記変換入力指紋隆線方向分布 f^* の総数は

（回転の自由度 $= 2K + 1$ ） \times （平行移動の場合の数 $= (\Delta + 1)^2$ ）となる。次に、前記複数の変換入力指紋隆線方向分布 f^* の各々について予め登録指紋情報格納部 8 に格納されている登録指紋隆線方向分布 g との間で指紋隆線方向分布間距離 D を次式により算出する。

$$[0044] \quad D = \| f^* - g \| \quad \text{〔式 4〕}$$

ただし、 $\| \cdot \|$ はベクトルのノルムを表し、例えばここでは $4 \times N \times N$ 次元のベクトルのユークリッドノルムを用いることとすると、 D は次式で与えられる。

【0045】

【0046】変換入力指紋隆線画像生成部 5 は、前記決定された回転成分 k^* および平行移動成分 (Δ^*_H, Δ^*_V) を入力指紋隆線画像 F に施して変換入力指紋隆線画像 F^* の生成を行う（図 2 のステップ S 5）。その際、回転成分 k^* および平行移動成分 (Δ^*_H, Δ^*_V) は次式によりそれぞれ回転角 θ と X/Y 移動量 (Δ_x, Δ_y) に換算する。

【0047】

登録マニューシャ Ψ との間で位置および方向の相違度が一定閾値より小さい照合マニューシャ対の決定を行い、その総数を算出する（ステップ S 7）。

【0049】マニューシャは、図 6 に示すような指紋隆線の端点と分岐点である。このようなマニューシャの抽出には、前記変換入力指紋隆線画像 F^* に公知の技術である細線化処理を施して指紋隆線の線幅を 1 とする細線化指紋隆線画像を生成し、前記細線化指紋隆線画像に対して指紋隆線の端点と分岐点のそれぞれを判別する局所マスクフィルタを施すことにより、まずマニューシャ候補点を抽出する。ここで得られるマニューシャ候補点には雑音除去で取り切れない残留雑音や 2 値化・細線化処理等に起因する擬似マニューシャが含まれることがある。このため、経験的に定めた閾値を用いて、極端に短い隆線に対応する端点マニューシャ候補点を棄却したり、近接する端点マニューシャ候補点は擦れによるものとして棄却したり、細線化処理で生じるヒゲによる分岐

点のマニューシャ候補点を棄却するなどの選択処理を施して、真のマニューシャのみを抽出することが必要である。

【0050】従来の細線化処理技術については、例えば次の文献を参照されたい。

〔参考文献5〕L. Lam, S.-W. Lee, and C. Y. Suen, "Thinning methodologies—a comprehensive survey," IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., vol. 14, pp. 869-885, 1992.

【0051】また、擬似マニューシャの棄却処理に関しては、次の文献に記載されているので、参考にされたい。

〔参考文献6〕N. K. Ratha, S. Chen, and A. K. Jain, "Adaptive flow orientation-based feature extraction in fingerprint images," Pattern Recognition, vol. 28, pp. 1657-1672, 1995.

【0052】さて、こうして抽出された前記変換入力指紋隆線画像 F^* の変換入力マニューシャ Ψ^* の各マニ

$$D^{pq}_1 = |X^*_p - X_q| + |Y^*_p - Y_q|$$

$$D^{pq}_2 = \min(|\phi^*_p - \phi_q|, 360^\circ - |\phi^*_p - \phi_q|) \quad \text{〔式7〕}$$

最後に、上記相違度 D^{pq}_1 および D^{pq}_2 についてそれぞれ閾値 Th_1 、 Th_2 を設定してから、次式に示す

$$D^{pq}_1 < Th_1 \quad \text{かつ} \quad D^{pq}_2 < Th_2 \quad \text{〔式8〕}$$

の条件を満たす照合マニューシャ対 (ϕ^*_p, ϕ_q) を選出することにより、位置および方向の相違度がともに一定閾値より小さい照合マニューシャ対の決定を行う。

【0055】受理／拒否判定部7は、前記照合マニューシャ対の総数と予め定めた閾値との大小比較を行い（ステップS8）、照合マニューシャ対の総数が予め定めた閾値より大きい場合に同一指紋であるとの受理判定を行う（ステップS9）。一方、前記照合マニューシャ対の総数が前記閾値より小さい場合には同一指紋でないとの拒否判定を行う（ステップS10）。

【0056】すなわち、前記照合マニューシャ対の総数を W 、該閾値を Th_3 を記すと、次式の、
 $W > Th_3$ 〔式9〕

を満たす場合に受理、満たさない場合には拒否の判定を出力して、動作を完了する。

【0057】登録指紋情報格納部8には、予め登録すべき指紋濃淡画像から生成された登録指紋隆線画像 G 、登録指紋隆線方向分布 g 、ならびに登録マニューシャ Ψ を格納する。

【0058】図7～図13に、本発明による指紋画像照合操作の具体例を示す。図7は、入力指紋濃淡画像、図8は、2値化した入力指紋隆線画像、図9は、登録指紋隆線画像を示す。図8および図9では指紋隆線部分を灰色または白、背景部分を黒で表している。図10は、入力指紋隆線画像と登録指紋隆線画像を重ね合わせた画像を示し、前者を灰色で後者を白で表す。図11は、位置合わせおよび回転補正を施した結果の変換入力指紋隆線

ーシャについて X/Y 位置座標値および方向角度を算出する。変換入力マニューシャ Ψ^* を構成するマニューシャの総数を U として、第 p ($1 \leq p \leq U$) マニューシャ ϕ^*_p の X/Y 位置座標値および方向角度をそれぞれ (X^*_p, Y^*_p) 、 ϕ^*_p と記す。

【0053】一方、予め登録指紋情報格納部8に格納されている登録マニューシャ Ψ については、マニューシャの総数を V として、第 q ($1 \leq q \leq V$) マニューシャ ϕ_q の X/Y 位置座標値および方向角度をそれぞれ (X_q, Y_q) 、 ϕ_q と記す。次に、前記変換入力マニューシャ Ψ^* と前記登録マニューシャ Ψ の間で、すべてのマニューシャ対 (ϕ^*_p, ϕ_q) ($1 \leq p \leq U$, $1 \leq q \leq V$) について位置の相違度 D^{pq}_1 および方向の相違度 D^{pq}_2 を、例えば、位置座標値や方向角度の差の絶対値を評価して、次式により算出する。ただし、 $0^\circ \leq \phi^*_p, \phi_q < 360^\circ$ とする。

【0054】

画像を示す。図12は、変換入力指紋隆線画像と登録指紋隆線画像を重ね合わせた画像を示し、前者を灰色で後者を白で表す。図13に、変換入力指紋隆線画像と登録指紋隆線画像およびマニューシャを重ね合わせた画像を示す。ただし、変換入力マニューシャを四角、登録マニューシャを二重の四角で表す。

【0059】図10と図12とを比較すると、本発明による位置合わせおよび回転補正が高精度に動作していることが分かる。さらに照合操作の最終結果を示す図13において、変換入力マニューシャと登録マニューシャの間で照合マニューシャ対を決定すると、照合マニューシャ対の総数は20であった。因みに、登録マニューシャについてのマニューシャの総数は46であった。本例での前記照合マニューシャ対の総数20は充分大きく、同一指紋であると正しく判定された。この図のように入力指紋濃淡画像に位置ずれや非線形歪み、雑音除去で取り切れない残留雑音が含まれる場合も、上記位置合わせおよび回転補正とマニューシャマッチングの組合せにより高精度な指紋画像照合が実現されていることがわかる。

【0060】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明によれば、指紋照合技術において、まず入力指紋隆線画像をブロック分割して各ブロック毎に得られる入力指紋隆線方向分布と予め格納されている登録指紋隆線方向分布との間で最適重ね合わせを実現する回転および平行移動成分を決定し、次いで前記回転成分および平行移動成分を入力指紋隆線画像に施して生成した変換入力指紋隆線画像と予め格納されている登録指紋隆線画像との間でマニューシャの対応付けを行うことにより、高精度な位置合わせおよび回転補正の下で非線形歪みへの耐性を備えた

マニューシャマッチング本来の高い識別能力を実現することが可能である。特に、ブロック分割に基づく指紋隆線方向分布間で最適重ね合わせを決定することにより、少ない処理量で雑音耐性を備えた高精度な位置合わせおよび回転補正が実現できる。

【0061】このように、本発明は、雑音耐性を備えた相関マッチング型のアプローチによる位置合わせおよび回転補正と、非線形歪みへの耐性に富むマニューシャマッチング型のアプローチを融合することにより、高精度な指紋画像照合の技術を実用的な処理量で提供している。このため、実用条件下での雑音重畳や非線形歪みを含み低品質の指紋画像に対して高精度な認証精度が要求される場合に大きな効果を発揮する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態の指紋画像照合装置の構成図である。

【図2】図1に示す装置の処理フローを示す図である。

【図3】指紋隆線の4方向量子化の説明図である。

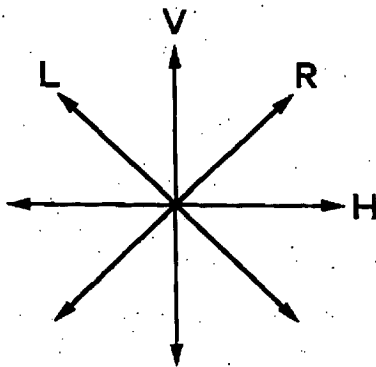
【図4】方向分布の算出処理フローを示す図である。

【図5】回転および平行移動成分決定処理フローを示す図である。

【図6】指紋隆線の端点と分岐点であるマニューシャの説明図である。

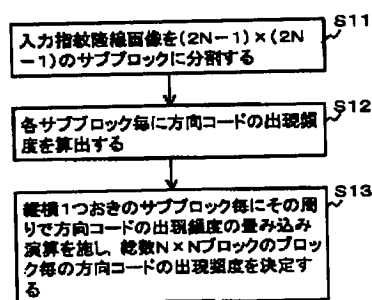
【図7】指紋画像照合操作を説明するための入力指紋濃淡画像を示す図である。

【図3】



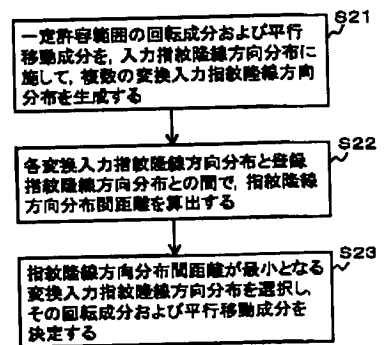
【図4】

方向分布の算出処理フロー

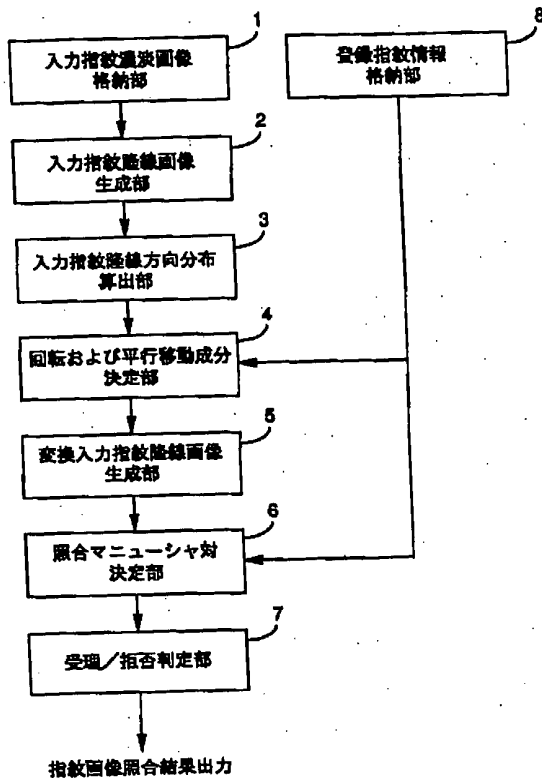


【図5】

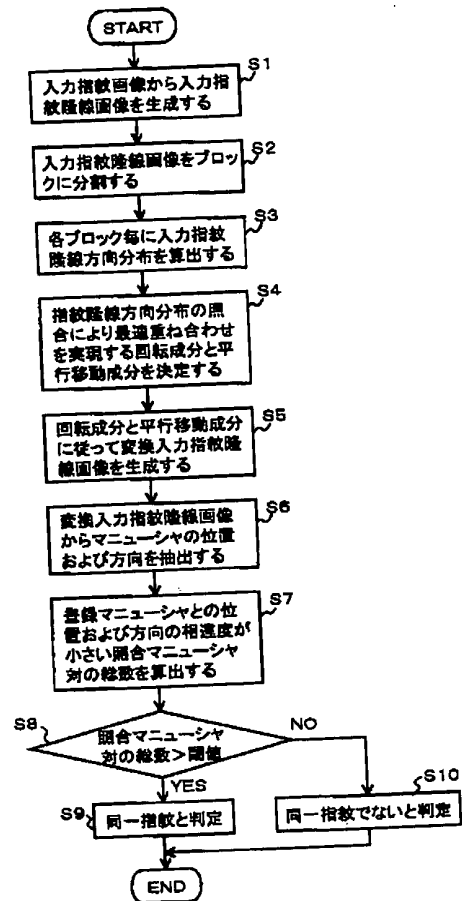
回転および平行移動成分決定処理フロー



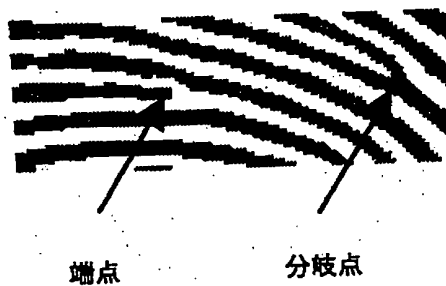
【図 1】



【図 2】



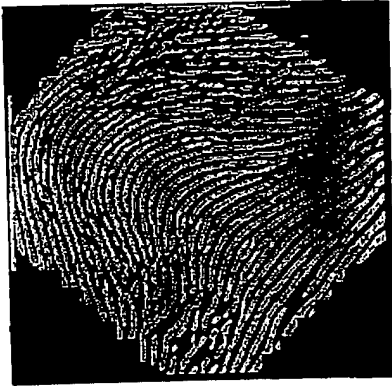
【図 6】



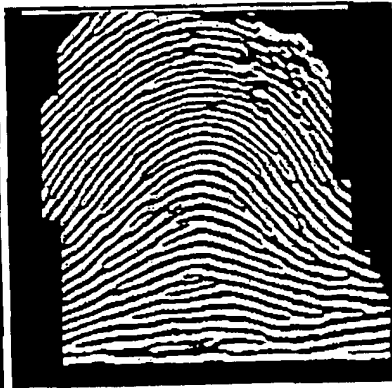
【図 7】



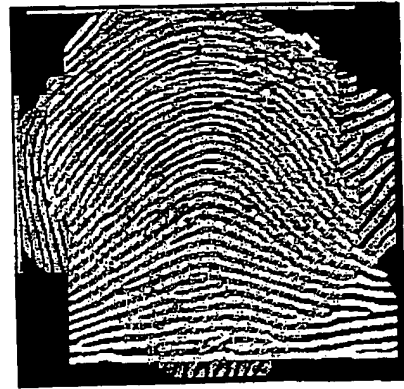
【図8】



【図9】



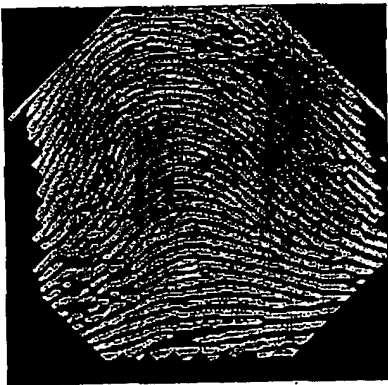
【図10】



【図12】



【図11】



【図13】



☒ : 登録マニユーシャ
☐ : 変換入力マニユーシャ

フロントページの続き

(72)発明者 角越 和也
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社内

(72)発明者 伴野 明
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社内

Fターム(参考) 5B043 AA09 BA02 CA02 EA08 EA09
EA12 EA15 GA02 GA03 GA04
GA11